

SEMICONDUCTOR LASER DEVICE AND OPTICAL DISK REPRODUCER/ RECORDER

Patent Number: JP2003115640
Publication date: 2003-04-18
Inventor(s): HIRUKAWA SHUICHI; OBAYASHI TAKESHI
Applicant(s): SHARP CORP
Requested Patent: ☐ JP2003115640
Application Number: JP20010308713 20011004
Priority Number(s):
IPC Classification: H01S5/343; G11B7/125
EC Classification:
Equivalents:

Abstract

PROBLEM TO BE SOLVED: To an Al-free semiconductor laser device which has a high output and high reliability and has 760 to 800 nm by compensating a strain in the active regions of a barrier layer and a quantum well layer, and to provide a reproducer/recorder for an optical disk using the same.

SOLUTION: The semiconductor laser device comprises a lower clad layer, a barrier layer, the active region having the quantum well layer and an upper clad layer laminated on the active region, on a GaAs substrate in such a manner that the quantum well layer is made of $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}_{1-y}\text{Py}$, and x is 0.69 or more.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

[TOP](#)

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2003-115640

(P2003-115640A)

(43)公開日 平成15年4月18日(2003.4.18)

| (51)Int.Cl. | 識別記号 | FI | テマコード(参考) |
|-------------|------|------------|-----------|
| H01S 5/343 | | H01S 5/343 | 5D119 |
| G11B 7/125 | | G11B 7/125 | A 5D789 |
| | | | 5F073 |

審査請求 未請求 請求項の数11 OL (全 9 頁)

(21)出願番号 特願2001-308713(P2001-308713)

(22)出願日 平成13年10月4日(2001.10.4)

(71)出願人 000005049

シャープ株式会社

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号

(72)発明者 蛭川 秀一

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号シャープ株式会社内

(72)発明者 大林 健

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号シャープ株式会社内

(74)代理人 100089705

弁理士 社本 一夫 (外5名)

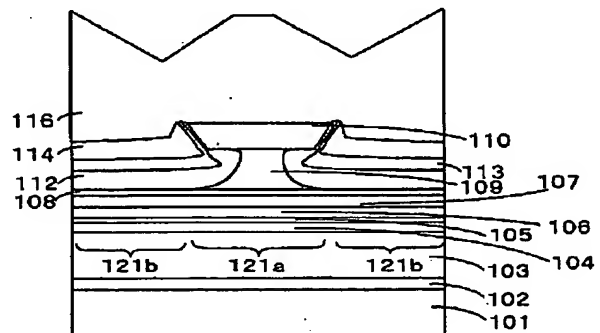
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 半導体レーザ装置及び光ディスク再生記録装置

(57)【要約】

【課題】バリア層と量子井戸層の活性領域における歪を補償し、高出力でありかつ信頼性の高い、760～800nmのAlフリーの半導体レーザ装置、及びそれを用いた光ディスク用再生記録装置を提供する。

【解決手段】GaAs基板上に、下クラッド層、バリア層と量子井戸層を有する活性領域、及び上クラッド層を積層してなる半導体レーザ装置において、前記量子井戸層が $In_xGa_{1-x}As_{1-y}P_y$ からなり、 x が0.69以上である。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 GaAs基板上に、下クラッド層、バリア層と量子井戸層を有する活性領域、及び上クラッド層を積層してなる半導体レーザ装置であって、前記量子井戸層が $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}_{1-y}\text{P}_y$ からなり、 x が0.69以上である半導体レーザ装置。

【請求項2】 y が0.40以上である請求項1に記載の半導体レーザ装置。

【請求項3】 前記下クラッド層及び前記上クラッド層がAlを含有する請求項1又は2に記載の半導体レーザ装置。

【請求項4】 前記下クラッド層及び前記上クラッド層がAlGaAs層である請求項1～3のいずれかに記載の半導体レーザ装置。

【請求項5】 前記バリア層がGaAs層である請求項1～4のいずれかに記載の半導体レーザ装置。

【請求項6】 前記量子井戸層の前記基板に対する圧縮歪が3.5%以下である請求項1～5のいずれかに記載の半導体レーザ装置。

【請求項7】 前記量子井戸層厚が60Å未満である請求項1～6のいずれかに記載の半導体レーザ装置。

【請求項8】 前記量子井戸層厚が20Å以上60Å未満である請求項1～6のいずれかに記載の半導体レーザ装置。

【請求項9】 前記バリア層が引っ張り歪を有し、前記量子井戸層及び前記バリア層からなる活性領域が歪補償構造を有する請求項1～8のいずれかに記載の半導体レーザ装置。

【請求項10】 発振波長が760nm以上800nm未満である請求項1～9のいずれかに記載の半導体レーザ装置。

【請求項11】 請求項1～10のいずれかに記載の半導体レーザ装置を用いた光ディスク再生記録装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、光ディスク用等に要求される高出力・高信頼性を充たす半導体レーザ装置に関する。また本発明は、前記半導体レーザ装置を用いた光ディスク再生記録装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 760～800nm帯の半導体レーザは、GaAs基板上にAlGaAsからなる上下クラッド層やガイド層及び量子井戸活性層を積層する構造が一般的である。しかし、Alを含む層が存在すると、Alが酸化されやすいため劣化の要因となり、高出力・高信頼性の要求に応える半導体レーザ装置が得られない。

【0003】 このためAlフリーの半導体レーザ装置がいくつか提案されている。たとえば、特開平10-107369号公報は、GaAs基板上に第1クラッド層、活性層、第2クラッド層から構成され、活性層がAlを

含まないInGaAsPからなり、第1、第2クラッド層がAlを含有してなる半導体レーザ装置を開示する。このように構成することにより、活性層表面のAlの酸化に起因する無効電流の発生を抑制し動作電流の低減を図っている。

【0004】 また、特開平11-220224号公報には、800nm帯の半導体レーザ装置が開示されている。この装置は、活性領域のガイド層・バリア層・量子井戸層をInGaAsP系材料で構成している。この装置の概略を図9に示す。n-GaAs基板501上に、n-GaAlAsクラッド層502、n-InGaAsP光導波層503、InGaAsPバリア層504、InGaAsP量子井戸層505、InGaAsPバリア層506、p-InGaAsP光導波層507、p-GaAlAsクラッド層508、p-GaAsコンタクト層を順に積層した構成を示している。この構成において、第1第2クラッド層をGaAs基板に格子整合する組成とし、第1第2光導波層もGaAs基板に格子整合する組成としている。このことによってInGaAsP量子井戸活性層がGaAs基板に対して0.3%以下の引っ張り歪とすることを可能にしている。

【0005】 一般的に光ディスク用等に利用可能な760～800nm帯の半導体レーザを実現するためには、量子井戸層（活性層）における引っ張り歪量を0.3%以下にすることが必要であるといわれている（たとえば、前出の特開平11-220224号公報）。ここで歪量とは、GaAs基板の格子定数を a_{GaAs} とし、量子井戸層の格子定数を a_1 とすると、 $(a_1 - a_{\text{GaAs}}) / a_{\text{GaAs}}$ で表される。この値が正であれば圧縮歪みを、負であれば引っ張り歪を示す。

【0006】 また、InGaAsP系活性層を用いて760～800nm帯の半導体レーザを構成する場合には、InGaAsP系の組成比とバンドギャップとの関係において相分離を起こす組成領域が圧縮歪を通する組成比が重なるために、InGaAsP系の組成によって大きな圧縮歪を有する活性層を作製することは実現困難であるといわれている。InGaAsP系活性層によって上記条件を充たすためには、Inの組成比を0.2以下としなければならないのである。

【0007】 ところで、一般に半導体レーザ装置においてキャリアの閉じ込めを良好にするには、バリア層のバンドギャップエネルギー（ E_g ）を高くする必要がある。しかし、前記量子井戸層に対して、格子整合系又はその近傍の組成でバリア層を構成しようとすると、ミシビリティ・ギャップ内に入ってしまうため、その製作は困難となる。一般的に、前記の化合物半導体混晶の結晶成長においては、すべての領域で安定して成長するとは限らず、均一な結晶を得ることができない（スピノーデル分解を起こす）組成領域が存在することが知られている（この領域を「ミシビリティ・ギャップ」と呼ぶ）。

この領域は、結晶成長温度によって変化し、高温におけるほどミシビリティ・ギャップは小さく、低温ほど大きくなるものと理解されている。

【0008】図7に、200～800℃におけるミシビリティ・ギャップを示し、等温度でスピノーダル分解を起こす組成比をプロットした。得られる曲線を一点鎖線で示す。この曲線は「スピノーダル曲線」とも呼ばれる。

【0009】光ディスク再生記録装置等に利用できるように760～800nm帯の半導体レーザ装置とするため、InGaAsP量子井戸層（活性層）における引っ張り歪を0.3%以下、好ましくはゼロとする必要があるが、このためには前述したようにInGaAsP系活性層のInの組成比を0.2以下にしなければならない。しかしこのような活性層とした場合、この活性層に見合うバリア層を作成するに当たり、格子整合系で十分なバンドギャップエネルギー（Eg）を得ようとするミシビリティ・ギャップの領域に入ってしまう作製が不可能となる。このため、ある程度大きな引っ張り歪の入ったバリア層であってもその採用を余儀なくされることとなり、結果として半導体レーザ装置の信頼性の低下をもたらす。

【0010】また、キャリアの閉じ込めを良好にするためには、バリア層を引っ張り歪の入った組成領域の構成とし、結果として量子井戸活性領域全体として大きな引っ張り歪を受けた状態となるため、欠陥が入りやすく結晶性が低下し、半導体レーザ装置の信頼性が低下する。この対応として一般的に、量子井戸層には逆向きの圧縮歪みを用いる試みが採用されている。しかし、格子整合系あるいはその近傍の組成を用いてもミシビリティ・ギャップ外の領域の組成を用いても、得られる圧縮歪はせいぜい1%程度にすぎない。このような組成を用いて半導体レーザ装置を作製すると、結晶内部に存在する欠陥が通電により増殖し、装置の劣化を招きやすくなり、装置の信頼性が低下してしまう。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、上記問題を解決し、バリア層と量子井戸層の活性領域における歪を補償し、高出力でありかつ信頼性の高い、760～800nmのAlフリーの半導体レーザ装置、及びそれを用いた光ディスク用再生記録装置を提供する。

【0012】

【課題を解決するための手段】本発明の半導体レーザ装置は、GaAs基板上に、下クラッド層、バリア層と量子井戸層を有する活性領域、上クラッド層を積層してなる半導体レーザ装置であって、前記量子井戸層が $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}_{1-y}\text{P}_y$ からなり、xが0.69以上である。また本発明の半導体レーザ装置においては、前記下クラッド層及び前記上クラッド層がAlGaAs層である。さらに、前記バリア層がGaAs層であってもよ

い。本発明の半導体レーザ装置において、量子井戸層の基板に対する圧縮歪が3.5%以下である。また、前記量子井戸層厚は60Å未満である。

【0013】本発明の半導体レーザ装置において、バリア層が引っ張り歪を有し、前記量子井戸層及び前記バリア層からなる活性領域が歪補償構造を有する。本発明の半導体レーザ装置においては、発振波長が760nm以上800nm未満である。さらに光ディスク再生記録装置において、本発明の半導体レーザ装置を用いる。

【0014】また、本発明の半導体レーザ装置においては、基板と下クラッド層の間にバッファ層、下クラッド層と活性領域との間に下ガイド層、活性領域と上クラッド層との間に上ガイド層、又は第二クラッド層に続いて保護層を積層してもよい。

【0015】本発明の半導体レーザにおけるように、量子井戸層（活性層）をInGaAsP系としIn組成比を0.69以上とすることは、上記従来技術において説明したように大きな圧縮歪を有する状態とすることを意味し、これまで半導体レーザの作製を実現する前提条件として考えられてきた領域を大きく外れることを意味する。すなわち、半導体レーザの作製が実現困難であると考えられている大きな圧縮歪の入った状態を採用することを意味するのである。しかしながら驚くべきことに、本発明においては、量子井戸層（活性層）に大きな圧縮歪を存在させるものの、バリア層に大きな引っ張り歪を存在させ自動的に活性層との間の歪を補償させる構造をとることによって、これらの技術的な課題を解消することができたのである。また本発明においては、InGaAsP系活性層のIn組成比が大きい領域をとることから、結晶欠陥が増殖しにくいという効果も得られた。

【0016】P組成比については任意に広範な範囲から選択することができ、特に限定されるものではない。本発明においては、好適な範囲として0.40以上を採用して半導体レーザ装置の作製を実現した。

【0017】

【発明の実施の形態】実施の形態1

図1は、本発明にかかる半導体レーザ装置の構造の一例を示したものである。この構造は、半導体基板表面にバッファ層、第一導電型半導体下クラッド層、量子井戸活性領域、および第二導電型半導体上クラッド層が積層され、前記上クラッド層の一部までがメサストライプ形状を有し、前記ストライプ両側を第一・第二導電型半導体電流ブロック層によって埋め込まれている半導体レーザ装置である。

【0018】図2～図4を参照しながら、前記半導体レーザ構造の作製方法を説明する。（100）面を持つn-GaAs基板101上にn-GaAsバッファ層102（層厚：0.5μm）、n-Al_{0.5}Ga_{0.5}As下クラッド層103（層厚：2.0μm）、n-Al_{0.35}Ga_{0.65}As下ガイド層104（層厚：300Å）、In

$0.75\text{Ga}_{0.25}\text{As}_{0.15}\text{P}_{0.85}$ 圧縮歪量子井戸層 (歪: 2.48%, 層厚: 54Å, 2層) と $\text{GaAs}_{0.72}\text{P}_{0.28}$ 引っ張り歪バリア層 (歪: -1.0%, 層厚: 50Å, 3層) を交互に配置してなる多重歪量子井戸活性層 105、 $n\text{-Al}_{0.35}\text{Ga}_{0.65}\text{As}$ 上ガイド層 106 (層厚: 300Å)、 $p\text{-Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{As}$ 第一上クラッド層 107 (層厚: 0.235μm)、 $p\text{-GaAs}$ エッチングストップ層 108 (層厚: 30Å)、 $p\text{-Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{As}$ 第二上クラッド層 109 (層厚: 1.2μm)、 GaAs 保護層 110 (層厚: 0.75μm) を順次有機金属化学的気相成長法 (MOCVD 法) にて結晶成長させた。さらにメサストライプ部を形成する部分に、レジストマスク 111 をストライプ方向が (011) 方向を持つように写真工程 (フォトリソグラフィの手法) により作製した (図2)。

【0019】次に、前記レジストマスク部 111 以外の部分をエッチングし、メサストライプ部 121a を形成する。エッチングは硫酸と過酸化水素水の混合水溶液およびフッ酸を用い二段階で行い、エッチングストップ層 108 直上まで行った。 GaAs はフッ酸によるエッチングレートが非常に遅いということを利用し、エッチング面の平坦化およびメサストライプの幅制御を可能にしている。エッチングの深さは 1.95μm、メサストライプの幅はエッチングストップ層 108 直上で約 2.5μm である。エッチング後、上記レジストマスク 111 を除去した (図3)。

【0020】続いて $n\text{-Al}_{0.7}\text{Ga}_{0.3}\text{As}$ 第一ブロック層 112 (層厚: 0.6μm)、 $n\text{-GaAs}$ 第二ブロック層 113 (層厚: 0.3μm)、 $p\text{-GaAs}$ 平坦化層 114 (層厚: 1.05μm) を順次有機金属結晶成長させ、光・電流狭窄領域を形成した。その後写真工程により、上記メサストライプ部両側 121b 上にのみレジストマスク 115 を形成した (図4)。

【0021】続いて上記メサストライプ部 121a 上のブロック層をエッチングにより除去した。このエッチングには、アンモニアと過酸化水素水の混合水溶液および硫酸と過酸化水素水の混合水溶液を用い、二段階でエッチングを行った。その後上記レジストマスク 115 を除去し、 $p\text{-GaAs}$ キャップ層 116 (層厚: 2.0μm) を積層した。このようにして、図1に示す構造の半導体レーザ装置を作製することができた。

【0022】本実施の形態において、上記歪量子井戸層である $\text{In}_{0.75}\text{Ga}_{0.25}\text{As}_{0.15}\text{P}_{0.85}$ は、歪によるエネルギーシフトを考慮した、バルクでのバンドギャップエネルギーがおよそ 1.553 eV であるが、量子井戸となっているのでそれよりもバンドギャップが大きくなり、およそ 1.589 eV となって発振波長がおよそ 780 nm となった。前記量子井戸層の組成付近の組成図を図7に示す。

【0023】一般に半導体レーザ作製時の半導体各層の

組成を決定するためには、図7に示されるような組成図が用いられる。図7には、組成図に合わせて、歪を考慮したバルクでの等バンドギャップエネルギー (E_g) 線 (実線)、等歪量線 (破線)、各成長温度におけるミシビリティ・ギャップ (一点鎖線) を示す。

【0024】等歪量線は、 GaAs 基板に格子整合する組成比を 0% としている。前述したようにこの歪量は、 GaAs 基板の格子定数を a_{GaAs} 、半導体層の格子定数を a_1 とすると、 $(a_1 - a_{\text{GaAs}}) / a_{\text{GaAs}}$ で表される。この値が正であれば圧縮歪、負であれば引っ張り歪と呼ばれる。

【0025】一般的に等 E_g 線は、組成比より算出されたバルクにおけるバンドギャップエネルギーの等しい組成比をプロットして得る。しかし、従来得られている等 E_g 線については、異なる計算例に基づくものがみられ、あまり明確なものではなかった。また、等 E_g 線は歪量によって変動するにもかかわらず、この影響を考慮した等 E_g 線も得られていない。そこで本発明者らは、これまでの実験結果を鋭意検討し、独自に計算式を導き出して等 E_g 線を作成した。また、歪量による E_g の変動量の加味した等 E_g 線とすることができた。

【0026】また前述したように、このような化合物半導体混晶の結晶成長においては、すべての組成領域で安定とは限らず、均一な結晶を得ることができない (スピノーダル分解を起こす) 組成領域 (ミシビリティ・ギャップ) が存在する。この領域は結晶成長温度によって変化し、高温ほどミシビリティ・ギャップは小さく、低温ほど大きい。図7において、200~800℃におけるミシビリティ・ギャップを示しており、等温度でスピノーダル分解を起こす組成比をプロットしている (スピノーダル曲線、一点鎖線)。

【0027】本実施の形態で得られた半導体レーザ装置を信頼性試験に供したところ、85℃、200mW でも、5000時間以上安定に動作することが確認された。このことは、結晶内部に欠陥が存在していても半導体レーザに通電すると In の組成比が大きい欠陥が増殖しにくく、半導体レーザ装置の長寿命化・高信頼性という効果が得られたものと推測される。 In の組成比が 0.69 以上の場合、より顕著にこの効果があらわれた。このため、従来窓構造を用いてレーザの高出力化をはかっていたが、本発明の場合窓構造を用いることなく、高出力化・高信頼性という効果が得られた。このことは、低価格で高信頼性の半導体レーザ装置が実現することを意味する。

【0028】上記歪量子井戸層の歪を考慮したバルクでの E_g を同値として組成比を変化させ歪量を増加させると、歪量 3.5% を越える領域においては試作された半導体レーザ装置の信頼性が悪くなる傾向が見られた。よって、安定した膜厚で半導体レーザ装置を作製するためには、量子井戸層の歪量は 3.5% 以内であることが好

ましい。

【0029】また、上記歪量子井戸層の組成の結晶成長について、スピノーダル分解を起こす温度はおおよそ500℃である。このため、通常用いられる600～750℃という成長温度で均質な膜を得ることができる。また750℃を越えない温度であれば、不純物が拡散することを防ぐことができることも確認された。さらに、Inの組成比が0.69以上の領域であれば、成長温度750℃においてはミシビリティ・ギャップ外となることから、通常の成長温度である600～750℃での成長が可能である。

【0030】上記歪量子井戸層の層厚は、54Åであった。さらにこの層厚を大きくすることによって、より長波長の光を発振させることもできる。しかし、前記量子井戸層の歪量が2.48%である本実施の形態の場合には、60Å以上では信頼性が低下する傾向が見られた。従って、安定した膜質でレーザを作製するには、60Å未満であることが好適であることがわかった。

【0031】圧縮歪量子井戸層の微分利得は層厚に依存しており、およそ層厚40Åにピークを持っている。この微分利得が大きいほど、高速変調に対応した半導体レーザ装置となるので、層厚60Å未満、特に40±20Å程度であることが好適である。

【0032】本実施の形態においては、量子井戸層の有する圧縮歪が大きくバリア層に引っ張り歪をもたせて歪を補償しているため、バリア層が引っ張り歪を有していない場合より高信頼性の半導体レーザ装置が得られた。

【0033】なお、本実施の形態においては、半導体レーザ装置はリッジ構造（半導体レーザの積層構造において、上クラッド層までがメサストライプ形状であり、メサストライプ両側に光・電流狭窄層を設けている構造）を有しているが、BH構造（埋め込みヘテロ形構造。半導体レーザの積層構造において、下クラッドの一部までがメサストライプ形状であり、メサストライプ両側に光・電流狭窄層を設けている構造）を有していても同様の効果が得られる。

【0034】実施の形態2

図5は、本発明にかかる半導体レーザ装置の構造の一例を示したものである。この構造は、半導体基板表面にバッファ層、第一導電型半導体下クラッド層、量子井戸活性領域、および第二導電型半導体上クラッド層が積層され、前記層構造がメサストライプ形状を有し、前記ストライプ両側を電流ブロック層によって埋め込まれ、前記構造表面にクラッド層およびキャップ層が積層され、前記キャップ層上に金属電極が配されている半導体レーザ装置である。

【0035】前記半導体レーザ構造の作製方法を説明する。まず(100)面を持つn-GaAs基板201上に、n-GaAsバッファ層202（層厚：0.5μm）

m）、n-Al_{0.5}Ga_{0.5}As下クラッド層203（層厚：1.5μm）、In_{0.15}Ga_{0.85}As_{0.60}P_{0.40}下ガイド層204（層厚：400Å）、In_{0.71}Ga_{0.29}As_{0.18}P_{0.82}圧縮歪量子井戸層（歪：2.29%、層厚：52Å、3層）とIn_{0.15}Ga_{0.85}As_{0.60}P_{0.40}引っ張り歪バリア層（歪：-0.34%、層厚：80Å、2層）を交互に配置してなる多重歪量子井戸活性層205、In_{0.15}Ga_{0.85}As_{0.60}P_{0.40}上ガイド層206（層厚：400Å）、p-Al_{0.5}Ga_{0.5}As上クラッド層207（層厚：1.5μm）、GaAs保護層208（層厚：200Å）を、有機金属気相成長法（MOCVD法）で順次結晶成長させた。

【0036】さらにSiO₂絶縁膜を積層し、メサストライプ部を形成する部分に、レジストマスクをストライプ方向が(011)方向を持つように写真工程により作製した。その後、レジストマスク以外の絶縁膜を取り除き、さらにレジストマスクを除去し、ストライプ状の絶縁膜マスクを得た。

【0037】次に、前記絶縁膜マスク部以外の部分をエッチングし、逆メサストライプ部221aを形成した。エッチングは臭化水素水と過酸化水素水の混合水溶液を用い、下クラッド層203の途中まで行った。エッチングの深さは約2.0μm、メサストライプの幅は量子井戸活性領域で約1.5μmであった。続いて前記ストライプ部221a側面および前記メサストライプ部両側221bにバッファードフッ酸（フッ化水素とフッ化アンモニウム）の混合溶液にて表面の清浄処理を施した。

【0038】次に、上記絶縁膜マスクを選択成長用マスクとしてp-Al_{0.5}Ga_{0.5}Asブロック層209（層厚：1.0μm）、n-Al_{0.5}Ga_{0.5}Asブロック層210（層厚：1.0μm）を順次有機金属結晶成長させ、メサストライプ部両側221bに光・電流狭窄領域を形成した。その後上記絶縁膜マスクを取り除き、p-Al_{0.5}Ga_{0.5}Asクラッド層211（層厚：1.0μm）、p-GaAsキャップ層212（層厚：2.0μm）を順次積層した。このようにして、図5に示す構造の半導体レーザ装置を作製することができた。

【0039】本実施の形態において、上記歪量子井戸層であるIn_{0.71}Ga_{0.29}As_{0.18}P_{0.82}は、歪を考慮したバルクでのバンドギャップエネルギーがおおよそ1.553eVであるが、量子井戸となっているのでそれよりもバンドギャップが大きくなり、おおよそ1.589eVとなって発振波長がおおよそ780nmとなった。前記量子井戸層の組成付近の組成図を図7に示す。

【0040】また、本実施の形態において、上記歪量子井戸層のIn組成比が0.71であるが、これによる効果は実施の形態1と同様であった。上記歪量子井戸層の歪量が2.48%であるが、この歪量における効果は実施の形態1と同様であった。また、上記歪量子井戸層の層厚が52Åであるが、この層厚における効果は実施の

形態1と同様であった。さらに、バリア層は引っ張り歪を有しており、このことから得られる効果は実施の形態1と同様であった。

【0041】本実施の形態において、半導体レーザ装置はBH構造を有しているが、リッジ構造を有していても同様の効果が得られる。またBH構造には量子井戸活性領域側面に再成長界面が存在し結晶欠陥が生じやすいが、Inが多い組成比になっているため、側面の再成長界面に対する欠陥抑制の効果が得られ、より有効である。また、井戸層だけでなくバリア層やガイド層もInの入った組成のため、上記効果が得られる。

【0042】実施の形態3

図6は、本発明にかかる半導体レーザ装置の構造の一例を示したものである。この構造は、半導体基板表面にバッファ層、第一導電型半導体下クラッド層、量子井戸活性領域、および第二導電型半導体上クラッド層が積層され、前記上クラッド層の一部までがメサストライプ形状を有し、前記ストライプ両側を第一・第二導電型半導体電流ブロック層によって埋め込まれている半導体レーザ装置である。

【0043】前記半導体レーザ装置の作製方法を説明する。(100)面を持つn-GaAs基板301上にn-GaAsバッファ層302(層厚:0.5 μ m)、n-Al_{0.5}Ga_{0.5}As下クラッド層303(層厚:2.0 μ m)、n-Al_{0.35}Ga_{0.65}As下ガイド層304(層厚:300Å)、In_{0.69}Ga_{0.31}As_{0.57}P_{0.43}圧縮歪量子井戸層(歪:3.47%、層厚:34Å、2層)とIn_{0.03}Ga_{0.97}As_{0.68}P_{0.32}引っ張り歪バリア層(歪:-0.93%、層厚:100Å、3層)を交互に配置してなる多重歪量子井戸活性層305、n-Al_{0.35}Ga_{0.65}As上ガイド層306(層厚:300Å)、p-Al_{0.5}Ga_{0.5}As第一上クラッド層307(層厚:0.235 μ m)、p-GaAsエッチングストップ層308(層厚:30Å)、p-Al_{0.5}Ga_{0.5}As第二上クラッド層309(層厚:1.2 μ m)、GaAs保護層310(層厚:0.75 μ m)を順次有機金属化学的気相成長法(MOCVD法)にて結晶成長させた。さらにメサストライプ部を形成する部分に、レジストマスクをストライプ方向が(011)方向を持つように写真工程により作製した。

【0044】次に、前記レジストマスク部以外の部分をエッチングし、メサストライプ部321aを形成した。エッチングは硫酸と過酸化水素水の混合水溶液およびフッ酸を用い二段階で行い、エッチングストップ層308直上まで行った。GaAsはフッ酸によるエッチングレートが非常に遅いということを利用し、エッチング面の平坦化およびメサストライプの幅制御を可能にしている。エッチングの深さは1.95 μ m、メサストライプの幅はエッチングストップ層308直上で約2.5 μ mであった。エッチング後、上記レジストマスクを除去し

た。

【0045】続いてn-Al_{0.7}Ga_{0.3}As第一ブロック層312(層厚:0.6 μ m)、n-GaAs第二ブロック層313(層厚:0.3 μ m)、p-GaAs平坦化層314(層厚:1.05 μ m)を順次有機金属結晶成長させ、光・電流狭窄領域を形成する。その後写真工程により、上記メサストライプ部両側321b上のみレジストマスクを形成した。

【0046】続いて上記メサストライプ部321a上のブロック層をエッチングにより除去した。このエッチングには、アンモニアと過酸化水素水の混合水溶液および硫酸と過酸化水素水の混合水溶液を用い、二段階でエッチングを行った。その後上記レジストマスクを除去し、p-GaAsキャップ層316(層厚:2.0 μ m)を積層した。このようにして、図6に示す構造の半導体レーザ装置を作製することができた。

【0047】本実施の形態において、上記歪量子井戸層であるIn_{0.69}Ga_{0.31}As_{0.57}P_{0.43}は、歪によるエネルギーシフトを考慮した、バルクでのバンドギャップエネルギーがおよそ1.268eVであるが、量子井戸となっているのでそれよりもバンドギャップが大きくなり、およそ1.393eVとなって発振波長がおよそ890nmとなった。前記量子井戸層の組成付近の組成図を図7に示す。

【0048】また、上記歪量子井戸層のInの組成比が0.69であるが、これによる効果は実施の形態1と同様であった。上記歪量子井戸層の歪量が3.47%であるが、この歪量における効果は実施の形態1と同様であった。

【0049】上記歪量子井戸層の層厚が34Åであるが、この層厚における効果は実施の形態1と同様であった。また、バリア層は引っ張り歪を有しており、このことから得られる効果は実施の形態1と同様であった。

【0050】半導体レーザ装置はリッジ構造を有しているが、BH構造を有していても同様の効果が得られる。以上の実施の形態1〜3において、各半導体層を形成する成長方法を一例として示したが、これら各実施の形態に示したものに限定されるものではなく、これら以外のもの、たとえばガスソースや有機金属ソースの分子線エピタキシー法(MBE)を用いることもできる。

【0051】また、量子井戸層の層厚、層数についても、実施の形態1〜3に示すものに限定されるものではなく、実施の形態に示したものの以外のものであっても同様な効果を得ることができる。また、半導体レーザ装置は、各実施の形態で示したリッジ構造やBH構造だけに限定されず、ブロードエリア構造の半導体レーザ装置であってもよい。さらに、各実施の形態で示した電流ブロック層としてpn逆接合の半導体埋め込み構造に限定されることなく、たとえば高抵抗層埋め込みや、絶縁体膜埋め込みなどであってもよい。

【0052】実施の形態4

図8は、本発明にかかる光ディスク記録再生装置の構造の一例を示したものである。これは光ディスク401にデータを書き込んだり、書き込まれたデータを再生するためのものであり、その際用いられる発光素子として、先に説明した本発明実施の形態1の半導体レーザ装置402を備えている。

【0053】この光ディスク記録再生装置についてさらに詳しく説明する。書き込みの際は、半導体レーザ装置402から出射された信号光がコリメートレンズ403により平行光とされ、ビームスプリッタ404を透過し $\lambda/4$ 偏光板405で偏光状態が調節された後、対物レンズ406で集光され光ディスク401に照射される。読み出し時には、データ信号がのっていないレーザ光が書き込み時と同じ経路をたどって光ディスク401に照射される。このレーザ光がデータの記録された光ディスク401の表面で反射され、レーザ光照射用対物レンズ406、 $\lambda/4$ 偏光板405を経た後、ビームスプリッタ404で反射され90°角度を変えた後、再生光用対物レンズ407で集光され、信号検出用受光素子408に入射する。信号検出用受光素子内で入射したレーザ光の強弱によって記録されたデータ信号が電気信号に変換され、信号光再生回路409において元の信号に再生される。

【0054】本実施の形態の光ディスク装置は、従来よりも高い光出力で動作する半導体レーザ装置を用いているため、ディスクの回転数を従来より高速化してもデータの読み書きが可能である。従って特に書き込み時に問題となっていたディスクへのアクセス時間が従来の半導体レーザ装置を用いた装置よりも格段に短くなり、より快適に操作できる光ディスク装置を提供することができた。

【0055】なお、ここでは本発明の半導体レーザ装置を記録再生型の光ディスク装置に適用した例について説明したがこれに限定されるものではなく、同じ波長780nm帯を用いる光ディスク記録装置、光ディスク再生装置にも適用することもできる。

【0056】

【発明の効果】本発明によれば、GaAs基板上に作製された半導体レーザ装置において、AlフリーのInGaAsP歪量子井戸層におけるIn組成比を0.69以上とすることによって、高圧縮歪を得ることができ、またIn不足による結晶欠陥の生成および増殖を防ぐことができ、高信頼性の半導体レーザ装置を作製することができる。また、上記歪量子井戸層の歪量を3.5%以下とすることにより、安定した膜質の井戸層をもつ、高信頼性の半導体レーザ装置を作製することができる。さらに、上記歪量子井戸層の層厚を60Å未満、好ましくは20Å以上60Å未満とすることによって、安定した膜質の量子井戸層をもつ、高信頼性の半導体レーザ装置を

作製することができる。

【0057】また本発明によれば、上記歪量子井戸層の組成であれば、成長温度750℃以下で前記量子井戸層を成長させ、相分離を起こさず不純物の拡散を防ぐことができ、高信頼性の半導体レーザを作製することができる。また、量子井戸活性領域に歪補償構造を設けることで、結晶欠陥が少なくなり、より高信頼性の半導体レーザ装置を作製することができる。

【0058】さらにこの発明によれば、本発明による半導体レーザ素子を用いてより高速な光ディスク再生記録装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の実施の形態1に係る半導体レーザ装置の、第1回結晶成長マスクプロセス終了後の断面図である。

【図2】 本発明の実施の形態1に係る半導体レーザ装置の、メサストライプ形成エッチングプロセス終了後の断面図である。

【図3】 本発明の実施の形態1に係る半導体レーザ装置の、ブロック層埋込結晶成長プロセス終了後の断面図である。

【図4】 本発明の実施の形態1に係る半導体レーザ素子の断面図である。

【図5】 本発明の実施の形態2に係る半導体レーザ素子の断面図である。

【図6】 本発明の実施の形態3に係る半導体レーザ素子の断面図である。

【図7】 $\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{As}_{1-y}\text{P}_y$ 組成図における、GaAs基板に対する等歪量線、歪を考慮したバルクでの等バンドギャップエネルギー曲線およびスピノーダル分解曲線を示したグラフである。

【図8】 本発明の実施の形態4に係る光ディスク記録再生装置の概略図である。

【図9】 従来の半導体レーザ装置の断面図である。

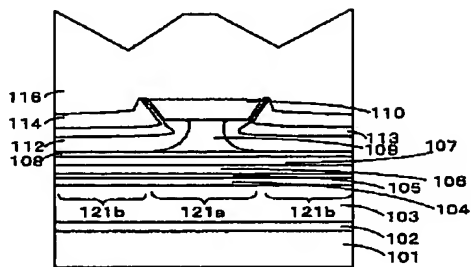
【符号の説明】

| | |
|-----|------------|
| 101 | 基板 |
| 102 | バッファ層 |
| 103 | 下クラッド層 |
| 104 | 下ガイド層 |
| 105 | 多重歪量子井戸活性層 |
| 106 | 上ガイド層 |
| 107 | 第一上クラッド層 |
| 108 | エッチングストップ層 |
| 109 | 第二上クラッド層 |
| 110 | 保護層 |
| 111 | レジストマスク |
| 112 | 第一ブロック層 |
| 113 | 第二ブロック層 |
| 114 | 平坦化層 |
| 115 | レジストマスク |

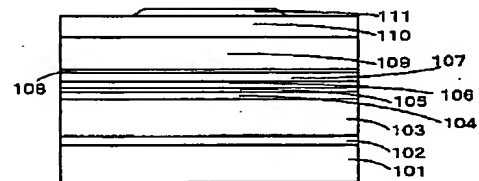
116 キャップ層
 121a メサストライプ部
 121b メサストライプ部両側
 201 基板
 202 バッファ層
 203 下クラッド層
 204 下ガイド層
 205 多重歪量子井戸活性層
 206 上ガイド層
 207 上クラッド層
 208 保護層
 209 ブロック層
 210 ブロック層
 211 クラッド層
 212 キャップ層
 221a ストライプ部
 221b メサストライプ部両側
 301 基板
 302 バッファ層
 303 下クラッド層
 304 下ガイド層
 305 多重歪量子井戸活性層
 306 上ガイド層
 307 第一上クラッド層
 308 エッチングストップ層

309 第二上クラッド層
 310 保護層
 312 第一ブロック層
 313 第二ブロック層
 314 平坦化層
 316 キャップ層
 321a メサストライプ部
 321b メサストライプ部両側
 401 光ディスク402 半導体レーザ装置
 403 コリメートレンズ
 404 ビームスプリッタ
 405 偏光板
 406 レーザ光照射用対物レンズ
 407 再生光用対物レンズ
 408 信号検出用受光素子
 409 信号光再生回路
 501 基板
 502 クラッド層
 503 光ガイド層
 504 バリア層
 505 量子井戸活性層
 506 バリア層
 507 光ガイド層
 508 クラッド層

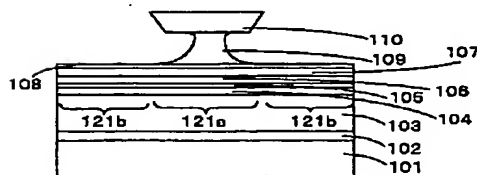
【図1】



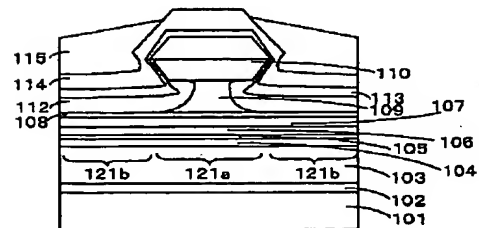
【図2】



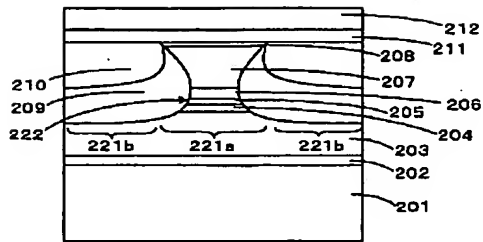
【図3】



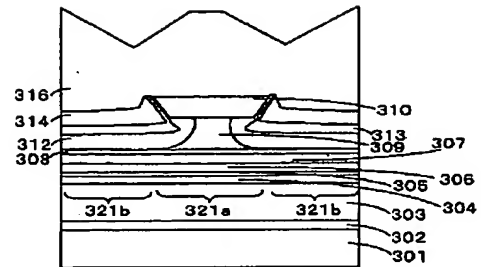
【図4】



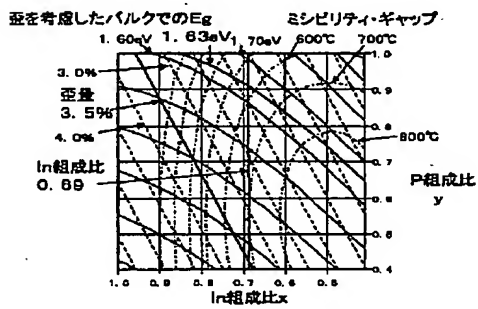
【図5】



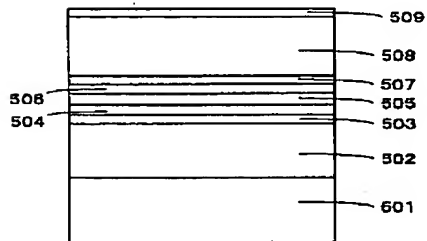
【図6】



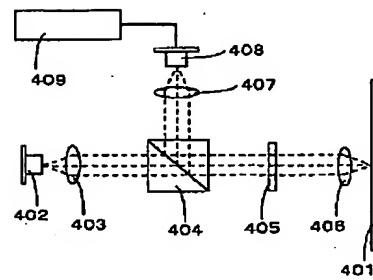
【図7】



【図9】



【図8】



フロントページの続き

Fターム(参考) 5D119 AA42 BA01 FA05 FA17
5D789 AA42 BA01 FA05 FA17
5F073 AA45 AA74 BA06 CA12 CB02
DA22 EA15 EA28